

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI  
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

008505280 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1991-009364/199102

XRPX Acc No: N91-007337

Magnetoresistive effect sensor with monocrystalline multilayer structure - has iron, cobalt or nickel layers and transition metal layers deposited on lattice-matched undoped insulative substrate

Patent Assignee: THOMSON CSF (CSFC )

Inventor: CREUZET G; FRIEDERICH A; FRIEDRICH A

Number of Countries: 006 Number of Patents: 006

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week	
EP 406060	A	19910102	EP 90401712	A	19900619	199102	B
FR 2648942	A	19901228				199108	
JP 3052111	A	19910306	JP 90168179	A	19900626	199116	
US 5134533	A	19920728	US 90541620	A	19900621	199233	
EP 406060	B1	19950510	EP 90401712	A	19900619	199523	
DE 69019242	E	19950614	DE 619242	A	19900619	199529	
			EP 90401712	A	19900619		

Priority Applications (No Type Date): FR 898545 A 19890627

Cited Patents: 2.Jnl.Ref; EP 288766; EP 314343; US 4103315

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

EP 406060 A

Designated States (Regional): DE GB NL

US 5134533 A 9 G11B-005/127

EP 406060 B1 F 12 G11B-005/39

Designated States (Regional): DE GB NL

DE 69019242 E G11B-005/39 Based on patent EP 406060

Abstract (Basic): EP 406060 A

The sensor has a monocrystalline magnetic metallic multilayer (2) comprising magnetic layers (20) sep'd. by non-magnetic layers (21). The magnetic layers have an antiferromagnetic type coupling and the anti-parallel/parallel state transition occurs over a small magnetic field interval. The magnetic layers are alternately thin and thick with a thickness ratio of 1-3 and in another form, the magnetic layers (20) have the same thickness. The non-magnetic layers have the same thickness and the multilayer exhibits uni-axial anisotropy in the plane of the layers.

The magnetic layers are pref. 9-90 Angstroms thick Fe, Co or Ni layers and the non-magnetic layers are pref. less than 30 Angstroms thick Mn, Cr, V or Ti layers. The multilayer may be covered with one or more blocked magnetisation layers, pref. an Fe thin film and may be deposited on a substrate (1), pref. of a lattice-matched undoped semiconductor or insulating material, pref. by molecular beam epitaxy. The multilayer is pref. covered with an encapsulation layer (3).

USE/ADVANTAGE - In magnetic playback head. It has high magnetic resistance and reduced noise.

Dwg.1/7

Abstract (Equivalent): EP 406060 B

Magnetoresistive-effect sensor, the sensitive element of which is constituted by a monocrystalline magnetic metallic multilayer (2), the multilayer being formed by a stack of layers (20'), made of a magnetic

material, which are separated by layers (21) made of a nonmagnetic material, the multilayer being produced in such a way that the layers made of magnetic material exhibit a coupling of the antiferromagnetic type, that the transition between the antiparallel arrangement state and the parallel arrangement state takes place over a very small magnetic field interval, and that the transition between the antiparallel arrangement state and the parallel arrangement state is of the spin-flop type, characterised in that the magnetic metallic multilayer is covered with at least one additional layer (4) having blocked magnetization exerting a polarisation held  $H_b$  whose value is very close to the spin-flop field  $H_{sf}$ , so as to shift the transition towards magnetic field values corresponding to the application of a very low external magnetic field.

Dwg. 1/7

Abstract (Equivalent): US 5134533 A

The magnetoresistive sensor has a monocrystalline magnetic metallic stack of alternating magnetic (20) and non-magnetic (21) material layers on a substrate (1). The layers of magnetic material are arranged to have antiferromagnetic coupling and the transition between antiparallel aligned state and parallel aligned state occurs in a very weak and short magnetic field interval.

The magnetic material (20) is pref. iron, cobalt or nickel. The non-magnetic layers (21) are pref. manganese, chromium, vanadium or titanium. The magnetic layers (20) have a thickness of less than 30 Angstroms. The substrate (1) is made of an insulator or a non-doped semiconductor e.g. GaAs. To obtain the monocrystal, growth techniques such as epitaxial growth are used, pref. molecular beam epitaxy (MBE).

USE/ADVANTAGE - For reading magnetic recordings. Monocrystalline layers have single-domain magnetic states and thus noise is greatly reduced.

Dwg. 1/5

Title Terms: EFFECT; SENSE; MONOCRYSTAL; MULTILAYER; STRUCTURE; MAGNETORESISTIVE; IRON; COBALT; NICKEL; LAYER; TRANSITION; METAL; LAYER; DEPOSIT; LATTICE; MATCH; UNDOPED; INSULATE; SUBSTRATE

Index Terms/Additional Words: MAGNETIC; PLAYBACK; HEAD

Derwent Class: S01; T03

International Patent Class (Main): G11B-005/127

International Patent Class (Additional): G01R-033/06; G06K-007/00; G11B-005/33; G11B-005/39

File Segment: EPI

Manual Codes (EPI/S-X): S01-E01; T03-A03C

?

⑧ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

⑦ EP 0 406 060 B1

⑩ DE 690 19 242 T2

⑤ Int. Cl. 5:  
G 11 B 5/39  
G 01 R 33/08

DE 690 19 242 T2

② Deutsches Aktenzeichen: 690 19 242.8  
③ Europäisches Aktenzeichen: 90 401 712.6  
⑥ Europäischer Anmeldetag: 18. 6. 90  
⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA: 2. 1. 91  
⑨ Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: 10. 5. 95  
④ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 21. 9. 95

④ Unionspriorität: ② ③ ①

27.08.89 FR 8908545

⑦ Patentinhaber:

Thomson-CSF, Paris, FR

⑦ Vertreter:

Spott Weinmiller & Partner, 82340 Feldafing

⑧ Benannte Vertragstaaten:

DE, GB, NL

⑦ Erfinder:

Friederich, Alain, F-92045 Paris la Défense, FR;  
Creuzet, Gerard, F-92045 Paris la Défense, FR

⑤ Magnatwiderstandseffektwandler.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 690 19 242 T2

90401712.6  
56773

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf magnetoresistive Sonden, d.h. auf Sonden, die die Veränderung des elektrischen Widerstands des die Sonde bildenden Materials abhängig von der Veränderung eines Magnetfelds auswerten.

Derzeit werden magnetoresistive Sonden in zahlreichen Systemen zum Lesen magnetischer Aufzeichnungen verwendet. Diese Sonden bestehen aus einer ferromagnetischen Legierung mit einem starken magnetoresistiven Effekt. Dieses Material befindet sich im Magnetkreis eines Lesekopfes. In diesem Fall erfaßt man die Veränderungen des elektrischen Widerstands der Sonde beim Durchlauf des Bandes. Die derzeit verwendeten Legierungen mit einem starken magnetoresistivem Effekt sind im allgemeinen ferromagnetische Legierungen auf Nickelbasis wie z.B. Legierungen des Typs Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub> oder Nickel-Kobalt-Legierungen, bei denen der magnetoresistive Effekt bei Umgebungstemperatur einer Widerstandsänderung von einigen Prozent entspricht.

Einer der Hauptnachteile dieser Sonden liegt in ihrem Rauschpegel. Diese Legierungen sind nämlich nicht monokristallin und besitzen zahlreiche magnetische Domänen für die dem Arbeitspunkt der Sonde entsprechenden Magnetfelder. Diese zahlreichen magnetischen Domänen sind Hauptursache für das Rauschen.

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, diese Nachteile zu beseitigen, indem eine neue Struktur für das empfindliche Element der magnetoresistiven Sonden vorgeschlagen wird.

So ist Gegenstand der vorliegenden Erfindung eine magnetoresistive Sonde, deren empfindliches Element aus einer monokristallinen, magnet-metallischen Mehrschichtenstruktur besteht, wobei diese Struktur aus einer Stapelung von Schichten aus einem magnetischen Material gebildet wird, die durch Schichten aus einem unmagnetischen Material von-

einander getrennt sind, wobei die Mehrschichtenstruktur so ausgebildet ist, daß die Schichten aus magnetischem Material eine antiferromagnetische Kopplung besitzen, daß der Übergang zwischen dem Zustand der antiparallelen Ausrichtung und dem Zustand der parallelen Ausrichtung in einem sehr engen Magnetfeldintervall erfolgt und daß der Übergang zwischen dem Zustand der antiparallelen Ausrichtung und dem Zustand der parallelen Ausrichtung vom Spin-Flop-Typ ist, dadurch gekennzeichnet, daß die magnet-metallische Mehrschichtenstruktur von mindestens einer zusätzlichen Schicht mit blockierter Magnetisierung bedeckt ist, die ein Polarisationsfeld  $H_b$  ausübt, dessen Wert sehr nahe dem des Spin-Flop-Feldes  $H_{sf}$  ist, um den Übergang zu Magnetfeldwerten zu verschieben, die der Anwendung eines sehr geringen äußeren Magnetfelds entsprechen.

Vorzugsweise wird das in der magnet-metallischen Struktur verwendete magnetische Material aus der Gruppe ausgewählt, die Eisen, Kobalt und Nickel enthält, während das unmagnetische Material unter Mangan, Chrom, Vanadium und Titan ausgewählt wird.

Die Schichten aus magnetischem Material besitzen eine Dicke zwischen 9 und 90 Å, während die Schichten aus unmagnetischem Material eine Dicke unter 30 Å aufweisen.

Indem bestimmte Typen von magnetischen und unmagnetischen Materialien verwendet werden, die gemäß einer besonderen Struktur zusammengesetzt werden, kann man einen starken magnetoresistiven Effekt beobachten, der in einem begrenzten Feldbereich ausgebildet ist, so daß er für ein empfindliches Element einer magnetoresistiven Sonde verwendbar ist. Dieser starke magnetoresistive Effekt, der insbesondere bei einer magnet-metallischen Mehrschichtenstruktur aus Eisen und Chrom beobachtet wird, beruht auf dem Übergang zwischen zwei Magnetisierungszuständen des Systems unter dem Einfluß eines Magnetfeldes, nämlich dem Zustand, in dem die Magnetisierungen der Magnetschichten antiparallel abwechseln, und dem

Zustand, in dem alle diese Magnetisierungen parallel verlaufen.

Gemäß einem anderen Merkmal der vorliegenden Erfindung sind die Schichten aus magnetischem Material abwechselnd dünn und dick mit einem Dickenverhältnis zwischen 1 und 3.

In diesem Fall nennt man den Übergang zwischen dem antiparallelen Ausrichtungszustand und dem parallelen Ausrichtungszustand im englischen "spin-flop" (d.h. durch plötzliche Umkehr der Magnetisierung der dünnen Schichten bei einem gegebenen Feld, das Spin-Flop-Feld genannt wird).

Gemäß einem anderen Merkmal der vorliegenden Erfindung besitzen die Schichten aus magnetischem Material gleiche Dicke, so daß dann die Mehrschichtenstruktur eine einachsige Anisotropie in der Ebene der Schichten aufweist.

Gemäß der vorliegenden Erfindung ist die magnet-metallische Mehrschichtenstruktur mit mindestens einer zusätzlichen Schicht mit blockierter Magnetisierung bedeckt. In diesem Fall verschiebt sich das magnetische Spin-Flop-Feld zu sehr schwachen Feldern hin. Diese Lösung erlaubt es, das erforderliche Polarisationsmagnetfeld zu verringern oder sogar ganz zu unterdrücken, wenn das System nicht in der Nähe eines Feldes Null betrieben wird.

Die Druckschrift Physical Review, Vol. 61, N° 21 vom 21. November 1988, Seiten 2472 bis 2475, beschreibt in einem Aufsatz vom M.N. Baibich et al den magnetoresistiven Effekt in magnet-metallischen Mehrschichtenstrukturen. Diese Druckschrift entspricht dem Oberbegriff des Anspruchs 1. In der Druckschrift Physical Review B, Vol. 39, N° 7 vom 1. März 1989, Seiten 4828 bis 4830 erläutert G. Binasch et al, daß die magnetischen Mehrschichtenstrukturen als Magnetfeldsensoren verwendet werden können.

Andere Merkmale und Vorzüge der vorliegenden Erfindung gehen aus der nachfolgenden Beschreibung mehrerer Ausführungsbeispiele einer magnetoresistiven Sonde und den

beiliegenden Zeichnungen hervor.

Figur 1 zeigt im Schnitt eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen magnetoresistiven Sonde.

Die Figuren 2A und 2B zeigen im Schnitt das empfindliche Element der Sonde zur Erläuterung des Betriebs dieser Sonde.

Figur 3 zeigt schematisch im Schnitt das empfindliche Element einer magnetoresistiven Sonde gemäß einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform.

Die Figuren 4A und 4B zeigen ähnliche Ansichten wie Figur 3 und erläutern den Betrieb der Sonde.

Figur 5 zeigt den Hysteresezzyklus der Sonde aus Figur 3.

Figur 6 zeigt schematisch im Schnitt eine dritte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen magnetoresistiven Sonde.

Figur 7 zeigt den Hysteresezzyklus einer Sonde nach Figur 6.

Um die Beschreibung zu vereinfachen, tragen in den Figuren gleiche Elemente gleiche Bezugszeichen. Es ist außerdem dem Fachmann klar, daß die Dicken der verschiedenen Schichten aus Gründen der Klarheit nicht maßstabsgerecht dargestellt sind.

Gemäß Figur 1 enthält eine magnetoresistive Sonde im wesentlichen ein Substrat 1, eine monokristalline magnet-metallische Mehrschichtenstruktur 2, bestehend aus einer Stapelung von Schichten 20 aus magnetischem Material, die durch Schichten 21 aus unmagnetischem Material voneinander getrennt sind und mit einer Deckschicht 3 bedeckt sind. Das Substrat 1 besteht entweder aus einem isolierenden Material oder einem undotierten Halbleitermaterial wie z.B. Galliumarsenid (AsGa).

Auf diesem Substrat 1 befindet sich eine monokristalline, magnet-metallische Mehrschichtenstruktur. Das Substrat 1 soll nämlich eine angepaßte Gitterstruktur besitzen,

derart, daß das Aufwachsen der Mehrschichtenstruktur so erfolgt, daß sich ein Monokristall ergibt. Um diesen Monokristall zu erzielen, verwendet man Wachstechniken wie z.B. das epitaxiale Aufwachsen, vorzugsweise mittels Molekularstrahl (MBE-Molecular Beam Epitaxy). Mit einem Monokristall sind für eine gegebene Schicht die magnetischen Zustände Eindomänenzustände, was den wesentlichen Vorteil hat, daß der zugeordnete Rauschpegel erheblich verringert wird.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird das magnetische Material der Schichten 20 aus Eisen, Kobalt, Nickel oder einer Legierung dieser Metalle ausgewählt, während das unmagnetische Material der Schichten 21 unter Mangan, Chrom, Vanadium und Titan ausgewählt wird. Die Schichten 20 aus magnetischem Material besitzen eine Dicke zwischen 9 und 90 Å, während die Schichten 21 aus unmagnetischem Material eine unter 30 Å liegende Dicke aufweisen, so daß sich eine besondere Mehrschichtenstruktur ergibt. Mit der obigen, für die Mehrschichtenstruktur 2 verwendeten Struktur ist die Kopp lung zwischen den Magnetschichten 20<sub>1</sub>, 20<sub>2</sub>, 20<sub>3</sub>, wie sie in Figur 2A dargestellt sind, vom antiferromagnetischen Typ, d.h. daß sich für Magnetisierungen der Schichten eine anti parallele Ausrichtung ergibt, die durch die Pfeile F und F' in Figur 2A angedeutet ist. Die Mehrschichtenstruktur geht von der antiparallelen Ausrichtung gemäß Figur 2 in eine parallele Ausrichtung gemäß Figur 2B für ein sehr geringes Magnetfeldintervall von einigen Gauss über, und zwar ausgehend von einem Feld Null oder von einem endlichen Wert des Feldes. In diesem letzteren Fall muß man ein magnetisches Polarisationsfeld verwenden, um den Arbeitspunkt der Sonde in der Nähe dieses Feldes festzulegen.

Dieser Übergang zwischen dem Zustand gemäß Figur 2A und dem Zustand gemäß Figur 2B induziert nämlich einen starken magnetoresistiven Effekt in der oben beschriebenen Struktur. Der starke magnetoresistive Effekt beim Übergang von der antiparallelen Ausrichtung in die parallele Aus-

richtung kann mit Hilfe des vom Spin abhängigen spezifischen Widerstands für Unreinheiten in den magnetischen Materialien wie z.B. Eisen, Kobalt oder Nickel, erklärt werden. Der Zustand mit paralleler Ausrichtung besitzt nämlich einen geringeren Widerstand, wenn man ein unmagnetisches Material wählt, das die Leiterelektronen nur wenig streut für mindestens eine Spinrichtung. Dagegen besitzt der Zustand mit antiparalleler Ausrichtung einen deutlich größeren spezifischen Widerstand. Um eine Sonde mit magnetoresistivem Effekt herzustellen, die als empfindliches Element eine magnet--metallische monokristalline Mehrschichtenstruktur besitzt, muß diese Struktur einen besonderen Aufbau besitzen und aus bestimmten ferromagnetischen und unmagnetischen Materialien aufgebaut werden, so daß die Schichten aus magnetischem Material eine antiferromagnetische Kopplung besitzen und der Übergang zwischen dem Zustand der antiparallelen Ausrichtung und dem Zustand der parallelen Ausrichtung in einem sehr engen Magnetfeldintervall erfolgt. Aufgrund von durchgeführten Studien, insbesondere bezüglich der Mehrschichtenstrukturen vom Typ Fe/Cr, hat man nämlich erkannt, daß die Ausbildung eines starken magnetoresistiven Effekts eng mit der Art der unmagnetischen Materialien zusammenhängt. Man kann damit rechnen, daß die Diffusion durch die dünne unmagnetische Schicht im Fall einer parallelen Ausrichtung wie in Figur 2 gezeigt der Diffusion von Unreinheiten des unmagnetischen Materials in das magnetische Material ähnelt. Dies erklärt die Wahl des unmagnetischen Materials. Die Verwendung bestimmter Materialien als Basiselement für eine magnetoresistive Sonde unterliegt außerdem der Tatsache, daß die Kopplung zwischen den magnetischen Schichten vom antiferromagnetischen Typ ist, und daß der Übergang zwischen dem Zustand der antiparallelen Ausrichtung und dem Zustand der parallelen Ausrichtung in einem sehr engen Feldbereich erfolgt.

Ganz allgemein kann man voraussehen, daß Schichten

aus unmagnetischem Material, die aus einem beliebigen Übergangsmetall bestehen, aufgrund der starken Neigung der Elektronen in der Schicht des Bands d zur magnetischen Polarisierung eine Kopplung zwischen Magnetschichten für Dicken in der gleichen Größenordnung ergeben. Je nach dem Typ des verwendeten unmagnetischen Materials kann jedoch diese Kopplung eine ferromagnetische oder eine antiferromagnetische Kopplung sein, was die Wahl der unmagnetischen Materialien erklärt.

Je nach der Lage des Übergangs zwischen den parallelen und den antiparallelen Ausrichtungen im Magnetfeld kann man außerdem veranlaßt sein, ein Polarisationsfeld zu verwenden, das das System in der Nähe des Übergangsfeldes polarisiert.

In Figur 3 wurde eine andere Ausführungsform der monokristallinen magnet-metallischen Mehrschichtenstruktur einer magnetroresistiven Sonde dargestellt. In diesem Fall bestehen die Magnetschichten  $20'_1$ ,  $20'_2$ ,  $20'_3$  und  $20'_4$  aus Schichten unterschiedlicher Dicken. In der dargestellten Ausführungsform sind die Schichten  $20'_1$  und  $20'_3$  dicke Schichten, während die Schichten  $20'_2$  und  $20'_4$  dünne Schichten sind. Die Schichten sollten so hergestellt sein, daß ihr Dickenverhältnis einen Wert zwischen 1 und 3 besitzt.

Wie in den Figuren 4A und 4B gezeigt, ist der Übergang zwischen dem Zustand antiparalleler Ausrichtung gemäß Figur 4A in den Zustand paralleler Ausrichtung gemäß Figur 4B vom Spin-Flop-Typ. So beginnt bereits ein schwaches Magnetfeld die Magnetisierungsrichtung der dicken Schichten  $20'_1$ ,  $20'_3$ , zu orientieren, während die dünnen Schichten  $20'_2$  und  $20'_4$ , in der entgegengesetzten Richtung F' magnetisiert sind. Ein charakteristisches Feld, auch Spin-Flop-Feld  $H_{sf}$  genannt, dreht dann plötzliche die Magnetisierung der dünnen Schichten  $20'_2$  und  $20'_4$ , in dem dargestellten Beispiel um. In diesem Fall erhält man den in Figur 5 gezeigten Hysteresezzyklus. Man muß dann ein Polarisationsfeld  $H_p$  verwenden, dessen

Wert sehr nahe bei  $H_{cr}$  liegt, damit der Übergang beim Anlegen eines Magnetfelds in derselben Größenordnung erfolgt, wie es beim Lesen der Magnetbänder eingesetzt wird.

Ein Hysteresezzyklus wie in Figur 5 gezeigt kann auch mit magnet-metallischen Mehrschichtenstrukturen erzielt werden, deren Magnetschichten gleiche Dicken besitzen, wenn das System eine einachsige Anisotropie in der Schichtenebene besitzt, wie beispielsweise, wenn das System mit einem Epitaxialverfahren vom Typ (110) bcc oder fcc hergestellt wird.

In Figur 6 ist eine dritte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen magnetoresistiven Sonde dargestellt. In diesem Fall wurde auf die magnet-metallische Mehrschichtenstruktur 2 mindestens eine zusätzliche Schicht 4 mit blockierter Magnetisierung in einer gegebenen Richtung aufgebracht (in der vorliegenden Ausführungsform zwei solche Schichten). Diese zusätzliche Schicht mit blockierter Magnetisierung besteht beispielsweise aus einer dicken Eisen-schicht.

Diese zusätzlichen Schichten ermöglichen eine Verschiebung des Spin-Flop-Feldes  $H_M$  in Richtung auf sehr schwache Magnetfelder. Der zur Verschiebung des Spin-flop-Magnetfelds  $H_{sf}$  notwendige Prozeß ist dann der klassische Anisotropieprozeß des Austauschs mit diesen zusätzlichen Schichten. Diese Lösung erlaubt es, entweder das Polarisationsmagnetfeld  $H_b$  zu verringern, oder gar ganz zu unterdrücken. Der in diesem letzteren Fall erreichte Hysteresezzyklus ist ein Zyklus, wie er in Figur 7 gezeigt ist.

90401712.6

**ANSPRÜCHE**

- 5      1. Magnetoresistive Sonde, deren empfindliches Element aus einer monokristallinen, metallischen und magnetischen Mehrschichtenstruktur (2) besteht, wobei diese Struktur aus einer Stapelung von Schichten (20') aus einem magnetischen Material gebildet wird, die durch Schichten (21) aus einem unmagnetischen Material voneinander getrennt sind, wobei die Mehrschichtenstruktur so ausgebildet ist, daß die Schichten aus magnetischem Material eine antiferromagnetische Kopplung besitzen, daß der Übergang zwischen dem Zustand der antiparallelen Ausrichtung und dem Zustand der parallelen Ausrichtung in einem sehr engen Magnetfeldintervall erfolgt und daß der Übergang zwischen dem Zustand der antiparallelen Ausrichtung und dem Zustand der parallelen Ausrichtung vom Spin-Flop-Typ ist, dadurch gekennzeichnet, daß die magnetmetallische Mehrschichtenstruktur von mindestens einer zusätzlichen Schicht (4) mit blockierter Magnetisierung bedeckt ist, die ein Polarisationsfeld  $H_b$  ausübt, dessen Wert sehr nahe dem des Spin-Flop-Feldes  $H_{sf}$  ist, um den Übergang zu Magnetfeldwerten zu verschieben, die der Anwendung eines sehr geringen äußeren Magnetfelds entsprechen.
- 25     2. Magnetoresistive Sonde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Spin-Flop-Übergang dadurch erzielt wird, daß die Schichten aus magnetischem Material abwechselnd dünn (20',<sub>2</sub> und 20',<sub>4</sub>) und dick sind (20',<sub>1</sub> und 20',<sub>3</sub>), mit einem Verhältnis zwischen diesen Dicken von 1 bis 3.
- 30     3. Magnetoresistive Sonde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Spin-Flop-Übergang dadurch erfolgt, daß die Mehrschichtenstruktur aus einer Stapelung von Schichten aus magnetischem Material gleicher Dicke abwechselnd mit

Schichten (21) aus unmagnetischem Material gleicher Dichte gebildet wird und daß die Stapelung eine einachsige Anisotropie in der Ebene der Schichten aufweisen.

- 5     4. Magnetoresistive Sonde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das magnetische Material aus Eisen, Kobalt und Nickel ausgewählt wird.
- 10    5. Magnetoresistive Sonde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das unmagnetische Material aus Mangan, Chrom, Vanadium und Titan ausgewählt wird.
- 15    6. Magnetoresistive Sonde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichten aus magnetischem Material eine Dicke zwischen 9 und 90 Å besitzen.
- 20    7. Magnetoresistive Sonde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichten aus unmagnetischen Material eine Dicke unter 30 Å besitzen.
- 25    8. Magnetoresistive Sonde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzliche Schicht von einer dicken Eisenschicht gebildet wird.
- 30    9. Magnetoresistive Sonde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das magnetische Feldintervall in der Größenordnung von einigen Gauss liegt.
- 35    10. Magnetoresistive Sonde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie durch ein Polarisationsfeld in der Nähe des Übergangsfelds polarisiert wird.
11. Magnetoresistive Sonde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mehrschichtenstruktur (2) auf ein Substrat (1) aufgebracht ist.

12. Magnetoresistive Sonde nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat aus einem isolierenden oder einem undotierten Halbleitermaterial mit angepaßter Gitterstruktur besteht.

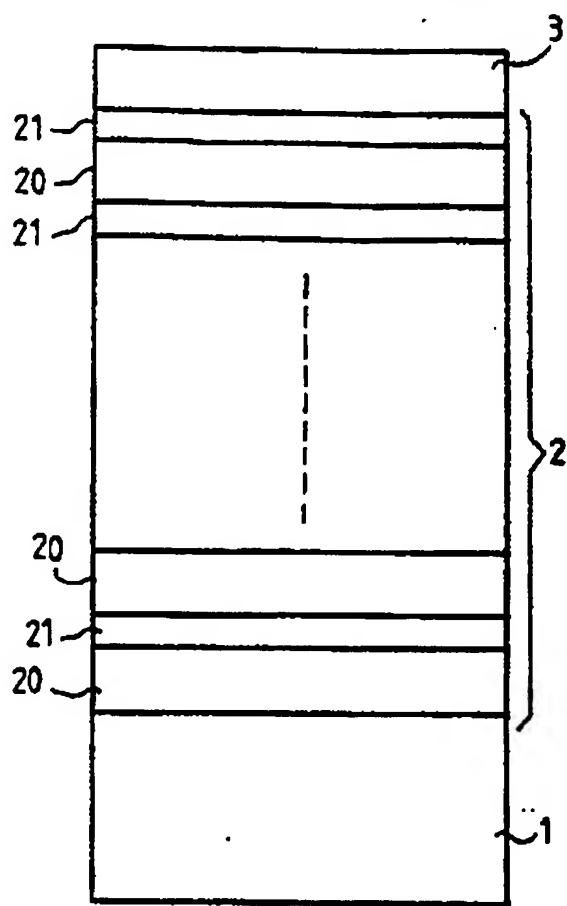
5

13. Magnetoresistive Sonde nach einem beliebigen der Ansprüche 11 und 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Mehrschichtenstruktur unter Verwendung einer Epitaxialtechnik aufgebracht ist, wie z.B. der Molekularstrahl-Epitaxie.

10

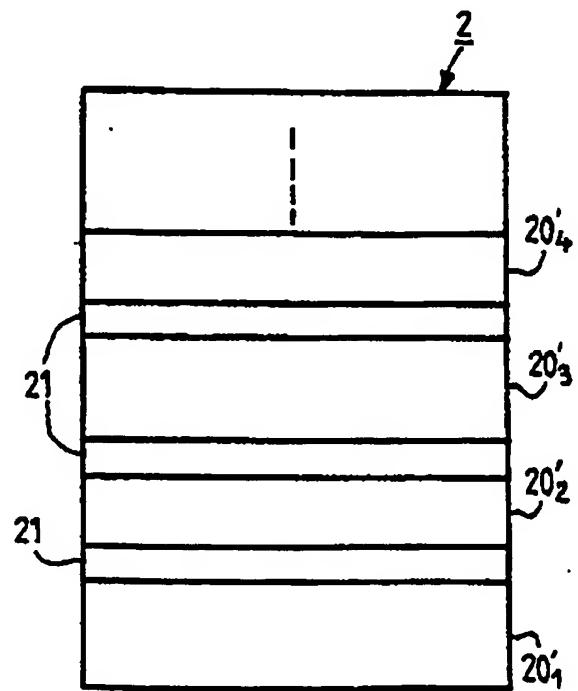
14. Magnetoresistive Sonde nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Mehrschichtenstruktur (2) mit einer Deckschicht (3) bedeckt ist.

1/5



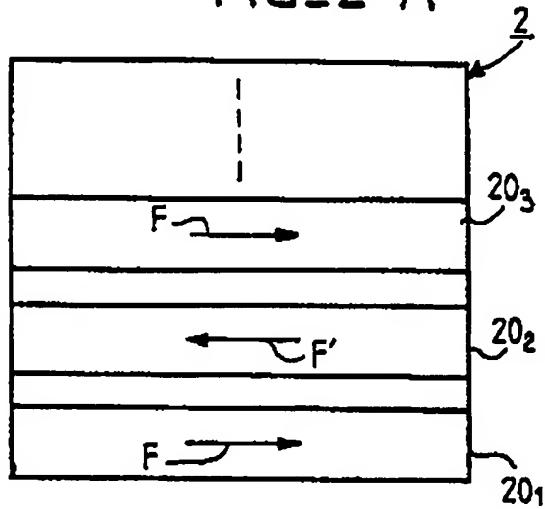
FIG\_1

FIG\_3

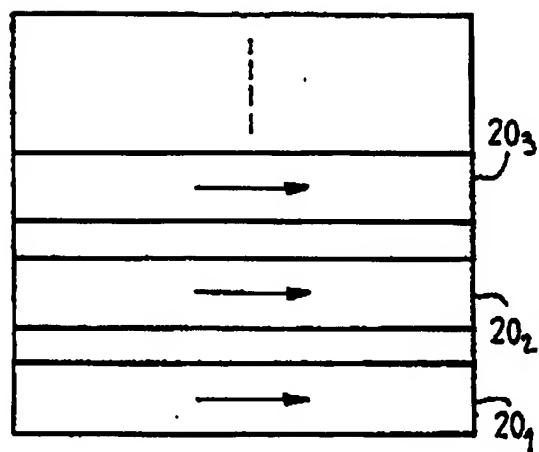


2/5

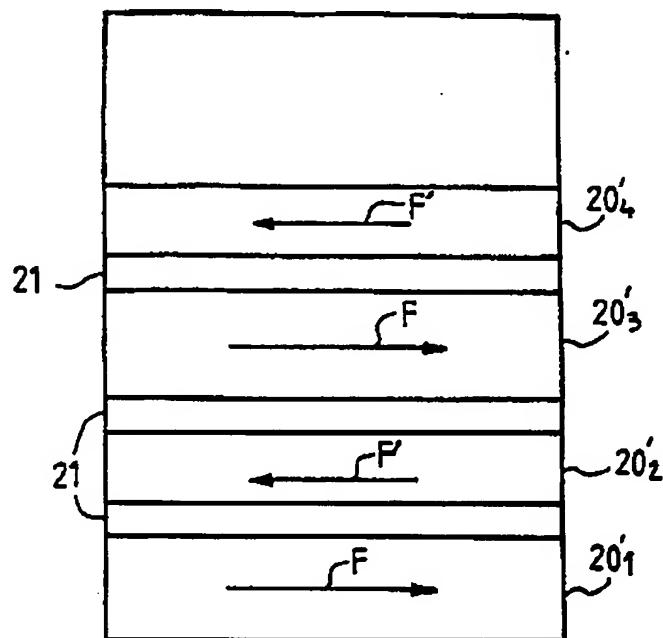
FIG\_2-A



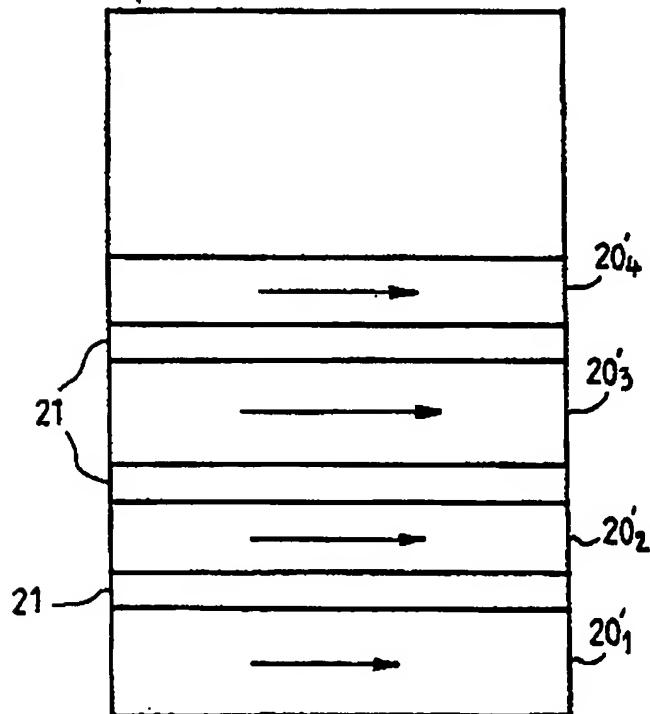
FIG\_2-B



3/5



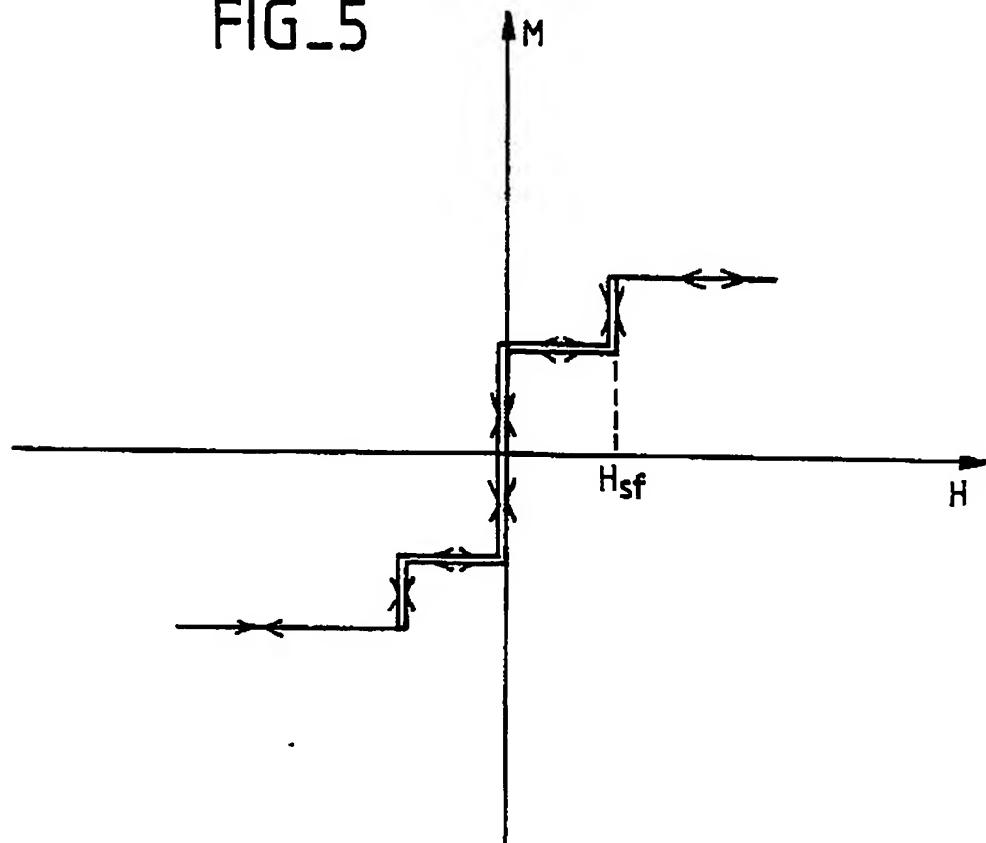
FIG\_4-A



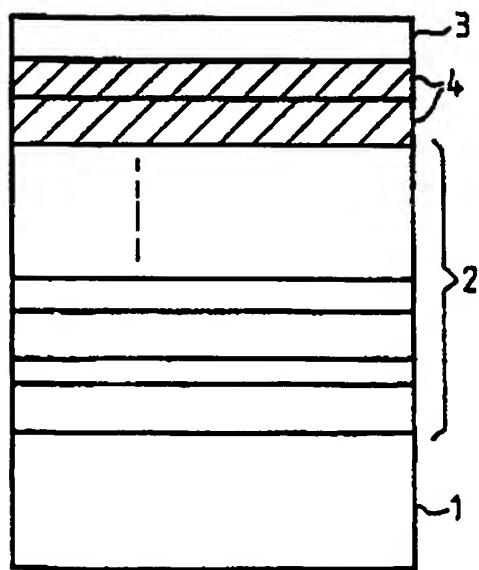
FIG\_4-B

4/5

FIG\_5



FIG\_6



5/5

FIG\_7

